

**ANALISA DRAINASE UNTUK PENANGGULANGAN BANJIR
MENGUNAKAN EPA SWMM
(Studi Kasus: Perumahan Mutiara Witayu Kecamatan Rumbai Pekanbaru)**

M. Rizal Zarkani¹⁾, Bambang Sujatmoko²⁾, Rinaldi³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, ²⁾³⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293
E-mail : m.rizal.zarkani1007121505@gmail.com

ABSTRACT

Flood is one of the negative effects that are often encountered during the rainy season. In addition to rain, flooding is also caused by tidal wave and poor management of drainage. Housing area of Mutiara Witayu located at Gotong Royong street Sri Meranti Village District of Rumbai Pekanbaru is an area that is prone to flooding so it is necessary to work on a solution that can cope with flooding. This study aimed to evaluate the capacity of drainage and determine the alternatives to address the problem of flooding. EPA SWMM application version 5.0 is used to evaluate the problems. The results showed that the application of EPA SWMM 5.0 quite reliable to evaluate the channel capacity in order to cope with the flooding. There are 4 simulations which were performed in this study. The simulation results of changing the slope of the channel is able to cope with the flood by 82,635%, simulation by changing the channel dimensions of 0,8 × 0,8 m, 1,0 × 1,0 m, and 1,0 × 1,2 m respectively can to cope with the flood by 89,295 %, 92,915% and 94,797%, while simulation by changing the dimension and slope can to cope with the flood by 100%. Simulations by operating the pump with 6 m³/s discharge is able to dispose the water that goes into the storage pool when the door is operated.

Keywords: Flood, Drainage, EPA SWMM 5.0

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Pada musim hujan dampak negatif sering dihadapi oleh penduduk pada setiap tahunnya adalah banjir. Beberapa wilayah yang mengalaminya adalah Kelurahan Meranti Pandak, Sri Menanti dan Kelurahan Limbungan, terutama yang berdomisili di pinggiran Sungai Siak. Wilayah yang terletak di tepian Sungai Siak dan anak-anak sungai Siak seperti Sungai Umban Sari, Sail, Air Hitam, Sibam, Setukul, Kelulut, Pengambang, Ukai, Sago, Senapelan, Limau dan Tampan merupakan kawasan yang berpotensi banjir dan genangan

yang disebabkan oleh meluapnya Sungai Siak, tingginya curah hujan, dan pengaruh pasang dari laut.

Salah satu kawasan yang rawan mengalami banjir adalah kawasan Perumahan Mutiara Witayu yang terletak di Jalan Gotong Royong Kelurahan Sri Meranti Kecamatan Rumbai Pekanbaru dengan luas areal yang tergenang sekitar 3,6 hektar.

Saluran drainase yang ada di kawasan perumahan Mutiara Witayu secara keseluruhan masih berupa galian tanah dan belum disemenisasi. Di dalam saluran drainase banyak terdapat sampah, dan sedimentasi.

Berdasarkan uraian diatas, untuk menanggulangi banjir yang sering terjadi pada kawasan Perumahan Mutiara Witayu maka dilakukan analisa penanggulangan banjir untuk menentukan alternatif penanganan masalah banjir yang tepat sesuai dengan kondisi lapangan. Adapun alat bantu analisa yang digunakan adalah menggunakan *Software* EPA SWMM 5.0. Pengertian dari EPA SWMM adalah sebuah badan perlindungan lingkungan untuk model hujan aliran untuk mensimulasi peristiwa tunggal (*single event simulation*) atau berjangka panjang (belanjut) (*long-term or continuous*). Aliran komponen SWMM beroperasi pada suatu area yang menerima hujan dan menghasilkan aliran.

Tujuan dan manfaat

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- Mengevaluasi kemampuan kapasitas drainase yang ada dalam menampung air limpasan di kawasan Perumahan Mutiara Witayu Kelurahan Sri Meranti Kecamatan Rumbai Pekanbaru.
- Menentukan alternatif penanganan masalah banjir yang tepat sesuai dengan kondisi lapangan.

Batasan masalah

Batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

- Daerah yang dijadikan lokasi penelitian yaitu kawasan Perumahan Mutiara Witayu.
- Debit saluran yang diperhitungkan adalah debit limpasan hujan dan debit akibat dari pasang surut.
- Evaluasi dilakukan dengan menggunakan *Software* EPA SWMM 5.0 difokuskan dalam memodelkan desain dan menganalisa genangan.
- Menggunakan data hujan harian dari tahun 1994 sampai tahun 2013

dengan panjang data 20 tahun (Stasiun Senapelan).

- Data Tata Guna Lahan.
- Peta rupa bumi kota Rumbai.
- Data pasang surut pada Sungai Siak.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Analisis frekuensi

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Kala ulang (*return periode*) adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui (Suripin, 2004).

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan disrtribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (*independent*) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik (Suripin, 2004).

Kala ulang yang digunakan untuk desain hidrologi sistem drainase perkotaan berpedoman pada standar yang telah ditetapkan, seperti terlihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan

Luas DAS (Ha)	Kala Ulang (Tahun)	Metode perhitungan debit banjir
< 10	2	Rasional
10 – 100	2 – 5	Rasional
101 – 500	5 – 20	Rasional
> 500	10 – 25	Hidrograf satuan

Sumber: Suripin, 2004

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, yaitu distribusi normal, distribusi Log-Normal, distribusi Gumbel , dan distribusi Log-Person III.

Tabel 2. Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^2 + 3 C_v$ $C_k = C_v^3 + 6 C_v^2 + 15 C_v + 16 C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log Person III	Selain nilai di atas

Sumber : Triatmodjo, 2009

Analisis intensitas hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air per-satuan waktu. Sifat umum intensitas hujan adalah makin singkat hujan berlangsung maka intensitasnya makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi intensitasnya.

Untuk memperoleh grafik IDF dari data curah hujan harian dilakukan dengan metode Mononobe. Persamaan ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

Keterangan Rumus 1:

I = intensitas hujan (mm/jam),

R_{24} = tinggi hujan maksimum harian (mm),

t = durasi hujan (jam).

Pengenalan EPA SWMM

EPA SWMM (*Environmental Protection Agency Storm Water Management Model*) adalah sebuah *software* yang didesain untuk membuat model simulasi hujan-runoff dinamik. *Software* ini mampu mensimulasikan pengaruh hujan-runoff dari suatu wilayah pada sistem drainasenya untuk jangka pendek maupun jangka panjang sekaligus memiliki fasilitas alternatif untuk mengantisipasi masalah banjir.

a. Kemampuan EPA SWMM

Kemampuan ini meliputi:

1. Tangkai jaringan dengan ukuran tidak terbatas,
2. menggunakan standar yang luas untuk menutup dan membuka saluran seperti halnya saluran alami,
3. model khusus seperti penyimpangan, pembagi aliran, pompa, bendungan,
4. penerapan air dan masukan arus eksternal berkualitas dari permukaan aliran, aliran bawah tanah,
5. penggunaan gelombang baik kinematik maupun arus gelombang yang penuh,
6. berbagai macam arus, seperti air yang tertahan karena pasang, pembalikan arus dan permukaan kolam,
7. menerapkan kendali dinamis untuk menirukan operasi pompa mulut yang membuka dan tingkatan puncak bendungan.

b. Obyek pada EPA SWMM

1. *Rain gage*

SWMM menggunakan obyek *rain gage* untuk menampilkan input data ke sistem. *Rain gage* menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih *subcatchment* area pada studi wilayah (Manual EPA SWMM).

2. *Subcatchment*

Subcatchment adalah unit hidrologi dari tanah dimana topografi dan element sistem drainase menunjukan permukaan *runoff* pada satu titik pelepasan (Manual EPA SWMM).

3. *Junction*

Junction dapat menampilkan pertemuan dari saluran permukaan alami, lubang got dari sistem pembuangan, atau pipa penghubung (Manual EPA SWMM).

4. *Outfall*

Outfall adalah titik terminal dari sistem drainase biasanya ditetapkan akhir dari batas hilir (Manual EPA SWMM).

5. Flow divider

Flow divider adalah sistem drainase dinama *inflow* dialihkan pada *conduit* tertentu. Sebuah *flow divider* dapat memiliki tidak lebih dari dua *conduit* pada satu sistemnya (Manual EPA SWMM).

6. Storage units

Storage units adalah penyediaan volume tampungan. Fasilitas tampungan dapat sekecil kolam atau sebesar danau. Volumetrik dari unit tampungan dibuat dari fungsi atau tabel dari area permukaan dan tinggi (Manual EPA SWMM).

7. Conduit

Conduit adalah saluran yang mengalirkan air. SWMM menggunakan rumus Manning untuk menyatakan hubungan antara debit (Q), luas penampang (A), jari-jari hidraulik (R), dan kemiringan (S).

$$Q = A \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S}$$

8. Pumps

Pumps digunakan untuk menaikkan air atau meninggikan elevasi air. Hidup dan mati pompa dapat diatur secara dinamik sepanjang pengaturan kontrol yang telah ditetapkan oleh pengguna. (Manual EPA SWMM)

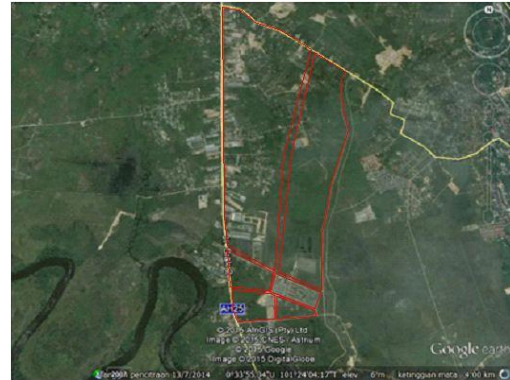
9. Flow regulators

Flow regulators adalah struktur atau sarana yang digunakan untuk mengontrol atau mengalihkan aliran. (Manual EPA SWMM)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Keadaan umum lokasi penelitian

Perumahan Mutiara Witayu diperlihatkan pada Gambar 1. berikut ini.



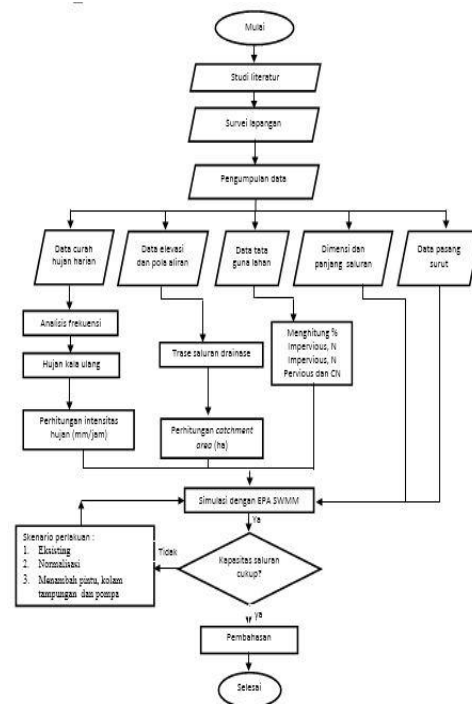
Sumber: Citra Google Maps (2014)

Gambar 1. Wilayah studi Perumahan Mutiara Witayu

Penelitian dilakukan pada kawasan Perumahan Mutiara Witayu yang terletak di Jalan Gotong Royong Kelurahan Sri Meranti Kecamatan Rumbai Pekanbaru. Daerah ini secara geografis terletak pada $0^{\circ}33' 34,81''$ LU dan $101^{\circ}24' 3,01''$ BT.

Metode penelitian

Tahap-tahap penelitian secara umum dituangkan ke dalam diagram alir penelitian, seperti pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Diagram alir di atas menggambarkan bahwa penelitian ini dilaksanakan dengan membagi 3 skenario perlakuan, yaitu kondisi eksisting, normalisasi dan terakhir adalah menambah pintu, kolam tampungan dan pompa.

Skenario perlakuan untuk kondisi eksisting digunakan untuk melihat kondisi saluran disaat hujan turun dengan kala ulang 5, 10 dan 20 tahun. 2 skenario, yaitu normalisasi dan menambah pintu, kolam tampungan serta pompa .

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa hidrologi

a. Curah hujan maksimum harian

Penetapan Seri data curah hujan harian maksimum Stasiun Pekanbaru yang akan digunakan dalam analisis frekuensi diperoleh dengan metode *maximum annual series* (Data Maksimum Tahunan). Data curah hujan harian maksimum tersebut disajikan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Curah hujan harian maksimum stasiun Pekanbaru

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum
1994	148,4
1995	114
1996	115,3
1997	100,2
1998	145
1999	139,5
2000	72
2001	92
2002	108,5
2003	119
2004	95
2005	127
2006	99,5
2007	107,5
2008	97
2009	130
2010	60,7
2011	58,1
2012	108,6
2013	57

b. Perhitungan curah hujan

Curah hujan rancangan / rencana untuk periode ulang tertentu secara statistik dapat diperkirakan berdasarkan seri data curah hujan harian maksimum tahunan (*maximum annual series*) jangka panjang dengan analisis distribusi frekuensi. Curah hujan rancangan/desain ini biasanya dihitung untuk periode ulang 5, 10, dan 20 tahun

Tabel 4. Hasil perhitungan curah hujan rencana

Periode Ulang (Tahun)	Probabilitas	Log X	Curah Hujan Rencana (mm)
5	20	2,112	129,287
10	10	2,150	141,156
20	5	2,173	148,804

c. Intensitas hujan rencana

Perencanaan sistem drainase memerlukan perkiraan debit puncak pada daerah tangkapan kecil dengan cara menganalisa grafik IDF atau hubungan antara intensitas hujan dengan durasi dan frekuensi. Untuk memperoleh grafik IDF dari data curah hujan harian dilakukan dengan rumus Mononobe. Hasil perhitungan intensitas hujan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan intensitas hujan

Durasi		Intensitas (mm/jam)			
		Kalibrasi	5 tahun	10 tahun	20 tahun
Menit	Jam	12	129,287	141,156	148,804
0	0	0	0	0	0
30	0,5	6,604	71,149	77,681	81,890
60	1	4,160	44,821	48,936	51,587
120	2	2,621	28,236	30,828	32,498
180	3	2,000	21,548	23,526	24,801
240	4	1,651	17,787	19,420	20,472
300	5	0	15,329	16,736	17,643
360	6	0	13,574	14,820	15,623

Penyusunan paramenter di dalam EPA SWMM

Pada penelitian ini *subcatcment area* dibagi menjadi 10 *subcatcment*, 12 *junction*, 1 *out*, dan 12 *conduit*.

Pembagian ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan dan untuk mendekati nilai yang ada dikondisi lapangan. Beberapa nilai dari parameter-parameter didapat dari data sekunder dan ada juga didapat dari pengukuran langsung ke lokasi.

Parameter-parameter baik untuk *junction*, *subcatcment* dan *conduit* yang akan dimasukkan ke dalam *software* EPA SWMM 5.0 dapat dilihat pada tabel 6, 7, 8 dan 9.

Tabel 6. Data untuk *junction* dan *out*

Node	Invert Elevasi	Max Dept (m)
J1	5,795	0,7
J2	5,898	0,7
J3	5,169	0,7
J4	4,990	0,7
J5	5,150	0,7
J6	5,000	0,6
J7	4,235	1,5
J8	3,828	0,6
J9	2,568	1,5
J10	3,275	0,6
J11	3,225	0,8
J12	2,773	1,5
Out	2,41	-

Tabel 7. Data-data pada setiap *subcatcment* 1 sampai 5

Data	Subcatchment 1	Subcatchment 2	Subcatchment 3	Subcatchment 4	Subcatchment 5
Outlet	J1	J4	J7	J9	J2
Area (ha)	25,776	26,916	60,113	98,516	2,335
Width (m)	106,226	139,953	296,768	548,474	98,9585
% Slope	0,649	0,593	0,551	0,726	0,375
% Impervious	53,85	28,30	39,25	31,50	20,55
N-Impervious	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
N-Pervious	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
D-Store Imp (mm)	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
D-Store Perv (mm)	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
% Zero Impervious	10	10	10	10	10
Method Infiltration	SCN	SCN	SCN	SCN	SCN
Curve Number	78,45	70,05	73,65	70,86	67,26

Tabel 8. Data-data pada setiap *subcatcment* 6 sampai 10

Data	Subcatchment 6	Subcatchment 7	Subcatchment 8	Subcatchment 9	Subcatchment 10
Outlet	J3	J5	J10	J6	J11
Area (ha)	3,008	2,554	8,523	5,46	3,684
Width (m)	145,4715	150,257	246,016	377,342	223,432
% Slope	0,12	0,212	0,236	0,533	0,533
% Impervious	27,85	31,50	27,85	76,50	31,95
N-Impervious	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
N-Pervious	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Tabel 8. (Lanjutan)

Data	Subcatchment 6	Subcatchment 7	Subcatchment 8	Subcatchment 9	Subcatchment 10
D-Store Imp (mm)	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
D- Store Perv (mm)	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
% Zero Impervious	10	10	10	10	10
Method Infiltration	SCN	SCN	SCN	SCN	SCN
Curve Number	69,66	70,86	69,66	86,30	71,25

Tabel 9. Data untuk conduit

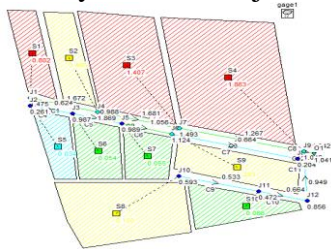
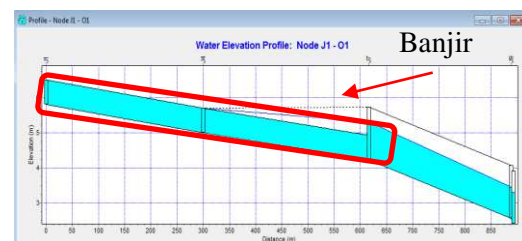
Conduit	Length (m)	Shape	Max Dept (m)	Bottom Width (m)	Left Slope	Rigth Slope	Conduit Raughness
C1	300	RECT_OPEN	0,7	0,6	0	0	0,019
C2	316	TRAVEZOIDAL	0,7	0,6	0	0	0,019
C3	272	TRAVEZOIDAL	1,5	1,0	0,2	0,2	0,03
C4	191,7	RECT_OPEN	0,7	0,6	0	0	0,019
C5	283	RECT_OPEN	0,7	0,7	0	0	0,026
C6	99	RECT_OPEN	0,6	0,6	0	0	0,022
C7	302	TRAVEZOIDAL	0,6	0,5	0,2	0,2	0,03
C8	6	TRAVEZOIDAL	0,6	0,6	0,3	0,3	0,03
C9	200	TRAVEZOIDAL	0,6	0,6	0,3	0,3	0,03
C10	82	TRAVEZOIDAL	0,8	0,6	0,3	0,3	0,03
C11	147,323	TRAVEZOIDAL	1,5	1,0	0,2	0,2	0,03
C12	4	TRAVEZOIDAL	1,5	1,0	0,3	0,3	0,03

Simulasi banjir menggunakan EPA SWMM

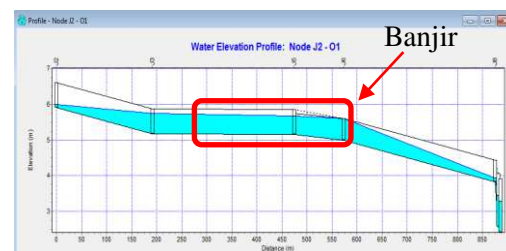
a. Kondisi eksisting

1. Tanpa pengaruh pasang surut

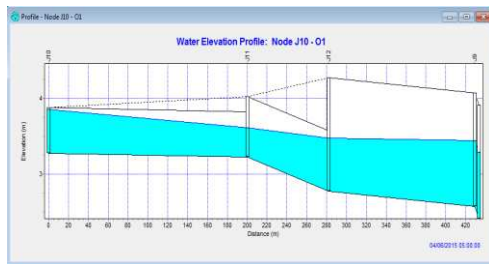
Setelah dilakukan simulasi dengan hujan kala ulang 5, 10 dan 20 tahun tanpa dipengaruhi pasang surut diperoleh bahwa saluran drainase pada kawasan perumahan mutiara witayu tidak mampu membuang debit limpasan akibat hujan sehingga menyebabkan banjir.

Gambar 5. Hasil *running* simulasi eksisting kala ulang 20 tahun

Gambar 6. Long section J1-J4-J7-J9-O1 kala ulang 20 tahun



Gambar 7. Long section J2-J3-J5-J6-J8-J9-O1 kala ulang 20 tahun



Gambar 8. Long section J10-J11-J12-J9-01 kala ulang 20 tahun

Gambar 6, 7, dan 8 menunjukkan bahwa ada beberapa titik yang terjadi banjir, dimana air yang melewati saluran mengalami limpasan. Limpasan terjadi dikarenakan kapasitas saluran tersebut tidak cukup untuk membuang debit limpasan akibat hujan.

Hasil simulasi pada *junction* untuk kondisi yang tidak dipengaruhi oleh pasang surut untuk kala ulang 5, 10 dan 20 tahun dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Tinggi banjir pada *junction* kondisi eksisting

Junction	Tinggi Banjir		
	Kala Ulang 5 tahun	Kala Ulang 10 tahun	Kala Ulang 20 tahun
	(m)	(m)	(m)
J1	0,560	0,691	0,775
J2	0	0	0
J3	0,181	0,246	0,287
J4	0,957	1,087	1,169
J5	0,185	0,249	0,289
J6	0,422	0,485	0,524
J7	0	0	0
J8	0	0	0
J9	0	0	0
J10	0	0	0
J11	0	0	0
J12	0	0	0

Hasil simulasi pada saluran untuk kondisi yang tidak dipengaruhi oleh pasang surut untuk kala ulang 5, 10 dan 20 tahun dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Tinggi banjir pada saluran

Saluran	Tinggi Banjir		
	Kala Ulang 5 tahun	Kala Ulang 10 tahun	Kala Ulang 20 tahun
	(m)	(m)	(m)
C1	0,758	0,889	0,972
C2	0,808	0,914	0,981
C3	0	0	0
C4	0	0	0
C5	0,183	0,247	0,288
C6	0,354	0,417	0,456
C7	0,002	0,040	0,064
C8	0	0	0,023
C9	0	0	0
C10	0	0	0
C11	0	0	0
C12	0	0	0

2. Dipengaruhi pasang surut

Data pasang surut yang akan dimasukkan ke dalam simulasi banjir di Kawasan Perumahan Mutiara Witayu adalah data pasang surut tanggal 16 Januari 2014.

Hasil simulasi kondisi yang dipengaruhi oleh pasang surut untuk kala ulang 5, 10 dan 25 tahun dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Tinggi banjir pada *junction* yang dipengaruhi pasang surut

Junction	Tinggi Banjir		
	Kala Ulang 5 tahun	Kala Ulang 10 tahun	Kala Ulang 20 tahun
	(m)	(m)	(m)
J1	0,560	0,691	0,775
J2	0	0	0
J3	0,181	0,246	0,287
J4	0,957	1,087	1,169
J5	0,185	0,249	0,289
J6	0,422	0,485	0,524
J7	0	0	0
J8	0	0	0
J9	0	0	0
J10	0	0	0,003
J11	0	0	0
J12	0	0	0

Dengan membandingkan hasil dari simulasi kondisi eksisting tanpa pasang surut dan dipengaruhi pasang surut dapat disimpulkan bahwa pasang surut tidak begitu mempengaruhi banjir yang terjadi pada Perumahan Mutiara Witayu. Dan penyebab banjir yang paling utama adalah akibat dari limpasan air hujan.

b. Kondisi normalisasi

1. Normalisasi kemiringan saluran

Normalisasi awal yang akan dilakukan yaitu dengan cara mengatur kemiringan memanjang saluran menjadi seragam.

Tinggi banjir dari hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Tinggi banjir pada saluran dengan merubah kemiringan saluran

Saluran	Tinggi Banjir Kala Ulang 20 Tahun		Persentase Penanggulangan Banjir
	Eksisting	Normalisasi Kemiringan	
	(m)	(m)	(%)
C1	0,972	0,497	48,920
C2	0,981	0,521	46,891
C3	0	0	-
C4	0	0	-
C5	0,288	0	100
C6	0,456	0	100
C7	0,064	0	100
C8	0,023	0	100
C9	0	0	-
C10	0	0	-
C11	0	0	-
C12	0	0	-
Rata-rata % Penanggulangan Banjir			82,635

2. Normalisasi dimensi saluran

Normalisasi berikutnya yang akan dilakukan yaitu dengan cara merubah dimensi eksisting saluran. Saluran yang awalnya memiliki ukuran tampang yang berbeda pada tiap bagiannya akan dinormalisasi dengan cara menambah kedalaman dan lebar saluran. Normalisasi dimensi saluran dilakukan dengan tiga

tahap, yaitu $0,8 \times 0,8$ m (persegi), $1,0 \times 1,0$ m (persegi) dan $1,0 \times 1,2$ m (persegi). Pada normalisasi dimensi saluran, untuk dimensi yang telah memiliki ukuran lebih besar dari rencana, tidak mengalami perubahan dimensi.

Hasil simulasi dengan merubah dimensi saluran menjadi $0,8 \times 0,8$ m (persegi), $1,0 \times 1,0$ m (persegi) dan $1,0 \times 1,2$ m (persegi) untuk kala ulang 20 tahun dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Tinggi banjir pada saluran dengan merubah dimensi saluran

Saluran	Tinggi Banjir Kala Ulang 20 Tahun			
	Eksisting	Dimensi $0,8 \times 0,8$ m	Dimensi 1×1 m	Dimensi $1 \times 1,2$ m
	(m)	(m)	(m)	(m)
C1	0,972	0,101	0	0
C2	0,981	0,528	0,417	0,308
C3	0	0	0	0
C4	0	0	0	0
C5	0,288	0	0	0
C6	0,456	0	0	0
C7	0,064	0	0	0
C8	0,023	0	0	0
C9	0	0	0	0
C10	0	0	0	0
C11	0	0	0	0
C12	0	0	0	0
Rata-rata % Penanggulangan Banjir		89,298	92,915	94,797

3. Normalisasi kemiringan dan dimensi saluran

Normalisasi berikutnya yang akan dilakukan yaitu dengan cara merubah dimensi dan kemiringan eksisting saluran. Pada simulasi ini, saluran di normalisasi tidak seragam. Untuk saluran C1, C2, C3, dan C12 kemiringan saluran akan dibuat menjadi seragam sedangkan dimensi salurannya yang mengalami perubahan hanya pada saluran C1 dan C2 dimana dimensi awalnya dari $0,6 \times 0,7$ m dirubah menjadi $1 \times 1,2$ m, dan untuk

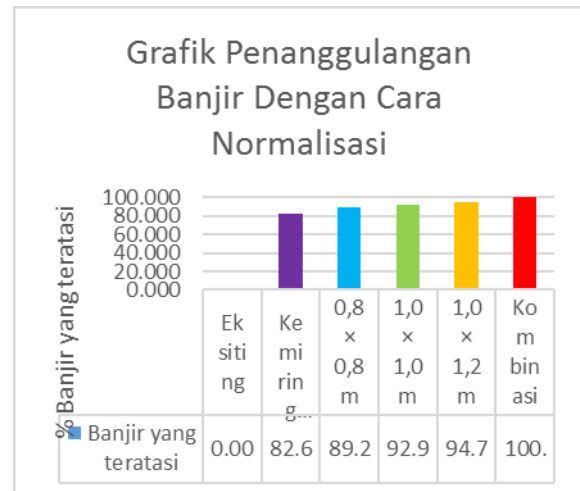
dimensi saluran C4, C5, C6, C7, dan C8 akan dirubah menjadi saluran persegi dengan ukuran 0,8 × 0,8 m, sedangkan kemiringan saluran tidak dirubah. Dimensi saluran C9 akan dirubah menjadi saluran persegi dengan ukuran sebesar 1 × 1 m.

Hasil simulasi dengan merubah kemiringan dan dimensi saluran untuk kala ulang 20 tahun dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Tinggi banjir pada saluran dengan merubah dimensi dan kemiringan saluran

Saluran	Tinggi Banjir Kala Ulang 20 Tahun		Persentase Penanggulangan Banjir
	Eksisting	Normalisasi Kemiringan	
	(m)	(m)	(%)
C1	1,015	0	100
C2	1,016	0	100
C3	0	0	-
C4	0	0	-
C5	0,308	0	100
C6	0,477	0	100
C7	0,076	0	100
C8	0,034	0	100
C9	0	0	-
C10	0	0	-
C11	0	0	-
C12	0	0	-
Rata-rata % Penanggulangan Banjir			100

Dari hasil simulasi yang dilakukan untuk menanggulangi banjir di Kawasan Perumahan Mutiara Witayu dengan cara normalisasi dapat disimpulkan bahwa normalisasi yang paling efektif untuk menanggulangi banjir adalah dengan merubah kemiringan dan dimensi saluran. Persentase hasil simulasi normalisasi dapat dilihat pada gambar 9.



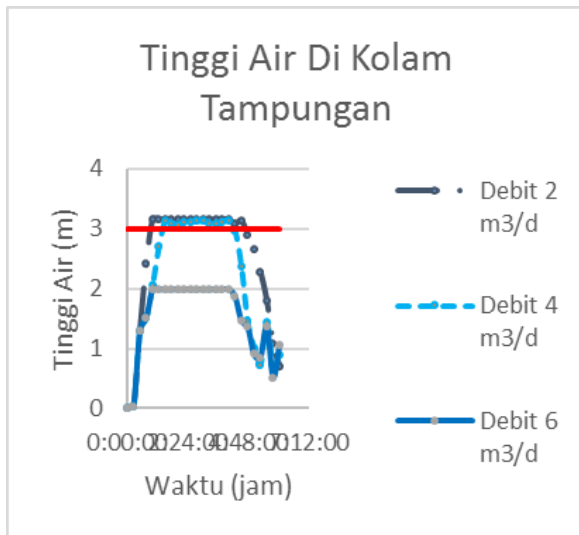
Gambar 9. Grafik persentasi penanggulangan banjir dengan cara normalisasi

c. Kondisi menggunakan pompa

Normalisasi adalah salah satu cara menanggulangi banjir yang paling efektif dan efesien. Namun simulasi yang dilakukan tidak mempertimbangkan jika di bagian *outfall* (pembuangan akhir) dilakukan pengoperasian pintu air. Pengeporasian pintu akan membuat air yang ada pada saluran drainase tidak dapat keluar sehingga akan menyebabkan air tertampung di kolam tampungan. Air yang tertampung pada kolam yang ada di Perumahan Mutiara Witayu akan dibuang dengan pompa.

Pada simulasi ini, akan direncanakan debit pompa yang dapat membuang air yang tertampung pada kolam. Kolam tampungan yang tersedia pada Perumahan Mutiara Witayu memiliki luas 2705,338 m² dengan kedalaman ± 3 m. Simulasi yang akan dilakukan dibagi menjadi 3 dengan debit pompa yang berbeda, yaitu 2 m³/dtk, 4 m³/dtk, dan 6 m³/dtk.

Hubungan waktu saat hujan dengan tinggi air pada kolam tampungan berdasarkan jenis pompa yang digunakan dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Tinggi air pada kolam tampungan berdasarkan pompa yang digunakan

Berdasarkan gambar 10 dapat disimpulkan bahwa pompa yang cocok untuk digunakan pada kolam tampungan di Perumahan Mutiara Witayu adalah pompa dengan debit 6 m³/dtk, dimana pompa dibagi menjadi 3 buah dengan debit pompa masing-masing adalah 2 m³/dtk.

Pada simulasi dengan menggunakan pompa tidak dibahas tinggi banjir untuk setiap *junction* dan saluran, dikarenakan air yang mengalir melalui saluran drainase menuju kolam tampungan tetap mengalami limpasan. Namun yang diutamakan pada simulasi ini adalah pompa yang mampu mengatasi banjir pada Perumahan Mutiara Witayu.

V. KESIMPULAN

Dari hasil studi kajian penanggulangan banjir pada kawasan Perumahan Mutiara Witayu, menghasilkan beberapa kesimpulan yaitu seperti yang diuraikan berikut ini.

- Berdasarkan hasil simulasi eksisting diketahui bahwa kapasitas drainase tidak mampu dalam menampung debit air hujan, hal ini terlihat dari banjir yang terjadi dengan genangan maksimum yaitu 0,957 m untuk kala

ulang 5 tahun, 1,087 m untuk kala ulang 10 tahun dan 1,169 m untuk kala ulang 20 tahun.

- Mengatur kemiringan memanjang saluran mampu mengurangi banjir hingga 82,635%, untuk simulasi merubah dimensi saluran dengan ukuran 0,8 × 0,8 m, 1,0 × 1,0 m dan 1,0 × 1,2 m mampu mengurangi banjir hingga 82,298%, 92,915 %, dan 94,797%, sedangkan simulasi dengan cara mengkombinasikan antara merubah dimensi kemiringan saluran mampu menanggulangi banjir secara maksimal.
- Pompa dengan debit 2 m³/ dtk dan 4 m³/ dtk belum mampu membuang air yang masuk ke dalam kolam tampungan sehingga menyebabkan air di dalam kolam tampungan melimpas, sedangkan pompa dengan debit 6 m³/dtk mampu membuang air yang masuk. Waktu yang dibutuhkan untuk membuang air limpasan dengan pompa adalah 4,5 jam.
- Berdasarkan penelitian ini diperoleh bahwa EPA SWMM 5.0 mempunyai keandalan dalam mengevaluasi kapasitas saluran untuk menanggulangi banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Googleearth.** [online] diperoleh dari: <www.googleearth.com> [diakses pada tanggal 20 Januari 2015].
- Anonim.** 1997. *Drainase Perkotaan*. Universitas Gunadarma : Jakarta.
- Hayanto, Nur. dan Subijantono, Heru.** 2008. *Simulasi Sistem Drainase Kota Anggaran Bagian Timur Dengan EPA SWMM 5.0*. Skripsi Sarjana. Semarang : Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata.
- Kodoatie, Robert J.** 2002. *Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran*

Terbuka Dan Pipa. Yogyakarta :
Andi.

Rossman, Lewis A. 2009. *Storm Water Management Model Applications Manual*. Cincinnati : National Risk Management Research Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency.

Rossman, Lewis A. 2010. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0*. Cincinnati : National Risk Management Research Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency.

Soemarto, C.D. 1999. *Hidrologi Teknik*. Jakarta : Erlangga.

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Andi.

Triatmodjo, Bambang. 2003. *Hidrolika II*. Yogyakarta : Beta Offset.

Triatmodjo, Bambang. 2009. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset.